

Rapport :

Essais de recherche appliquée sur les signes observables du parasitisme interne chez les caprins



Florence Arsonneau, Felix Heckendorn

Jun 2020

Essais réalisés entre les mois de Mai et Octobre 2019 dans le cadre du projet TRANSAAT, avec des financements du programme LEADER.

En partenariat avec :

Avec le soutien de :



Table des matières

Introduction et Etat des connaissances :.....	5
Objectifs de la présente étude :	7
Matériel & Méthode	8
Déroulement de l'essai.....	8
Informations et problèmes rencontrés durant la réalisation de l'essai	9
Résultats	10
Evolution de l'infestation parasitaires dans les élevages suivis :.....	10
Production Laitière (Volet 2)	11
Niveau d'infestation évalué par l'éleveur	12
Evaluation de l'anémie (avec outil FAMACHA)	13
Autres signes observables utilisés spontanément par les éleveurs.....	14
Discussion.....	17
Conclusion.....	19
Bibliographie	21

Introduction et Etat des connaissances :

Généralement, les infestations dues aux Strongles Gastro-intestinaux (SGI) sont contrôlées par des vermifuges allopathiques (anthelminthiques). Les animaux d'un troupeau sont régulièrement traités, souvent 2 à 3 fois par an. L'utilisation fréquente de ces anthelminthiques a conduit au développement de résistances des SGI aux diverses familles de produits disponibles (Heckendorn et al., 2017; Jackson et al., 1992), en particulier aux Benzimidazole, dont les résistances en France sont avérées (Chartier et al., 2001).

En raison de ce développement, la recherche sur le contrôle alternatif aux anthelminthiques allopathiques (AH) des SGI s'est intensifiée dans le monde entier, surtout pour freiner l'évolution des résistances. Plusieurs approches existent et sont testées, dont le « **Traitement Sélectif Ciblé** » (ou **l'utilisation sélective d'anthelminthiques**) (Bath and van Wyk, 2009; Bollinger et al., 2016; Valcarcel et al., 2015; Wyk et al., 2006).

Cette approche est basée sur le constat reconnu que seulement **20 à 30% des animaux sont fortement infestés par les SGI** dans un troupeau de petits ruminants, et ce durant la saison et entre les saisons. Ces animaux contribuent de manière significative à la contamination des pâturages avec des œufs de SGI et sont finalement en grande partie la cause de la ré-infestation (Hoste et al., 2002; Wyk et al., 2006).

D'autre part, il est aujourd'hui démontré que traiter 70% du troupeau au lieu de tout le troupeau ralentit significativement le développement de la population de SGI résistants aux anthelminthiques, et ce sans impacter la production¹ (Hoste et al., 2002; Wyk et al., 2006).

Le **Traitement Sélectif Ciblé** aurait pour avantages les suivants :

- Un développement plus lent des résistances,
- Réduction des coûts des médicaments,
- La réduction des résidus des médicaments dans l'environnement (impactant la faune et la flore)².

Le défi pour la mise en œuvre pratique du traitement sélectif ciblé est **d'identifier les animaux du troupeau pour lesquels un traitement est indiqué**. Fondamentalement, cela est possible en déterminant au laboratoire le niveau d'œufs par Gramme de crotte (OpG) de SGI dans les fèces. Cependant, ces analyses sont relativement coûteuses. En effet, dans le cas d'un traitement sélectif ciblé, il est nécessaire d'analyser chaque animal afin de détecter les animaux fortement infestés.

A ce jour, la recherche scientifique n'a pu mettre en évidence un unique **critère phénotypique** (observable à l'œil) qui permette de sélectionner les 20 à 30% des animaux les plus infestés. Pour autant, certains critères semblent prometteurs.

¹ Chez les SGI, le facteur génétique de la non-résistance aux vermifuges est dominant. La reproduction des vers résistants avec des non-résistants engendre des populations de vers non-résistants. Ainsi, le fait de ne pas traiter tous les animaux maintient volontairement une population de vers non résistants au sein des animaux non-traités. On évite donc l'isolation et la sélection de vers résistants, permettant de prolonger l'efficacité des vermifuges.

² Par exemple, les Avermectines (une molécule anthelminthique souvent utilisée) a des effets indésirables sur les carabes.

L'anémie :

Il existe un critère fiable mais non généralisable, **l'anémie**, observée au niveau de la muqueuse oculaire (Heckendorn et al., 2017; Wyk et al., 2006). Ce critère n'est valable seulement dans les cas où l'espèce de SGI *Haemonchus contortus* est présente dans les pâtures et est majoritaire, à savoir dans les régions chaudes. Il est important d'avoir préalablement identifié la présence de *Haemonchus contortus* dans le troupeau (indiquant donc sa présence dans les pâtures de la ferme) pour envisager l'anémie comme symptôme d'une infestation par les SGI. En effet, il existe d'autres parasites provoquant de l'anémie, telle que la grande douve du foie (*Fasciola hepatica*).

La production laitière

Plusieurs études françaises indiquent une relation entre **la production laitière et le niveau d'infestation** des animaux (Chartier et al., 2000; Hoste and Chartier, 1998; Hoste et al., 2002). En effet, ces études indiquent que **les bonnes laitières seraient plus sensibles aux SGI** que les moins bonnes laitières, ceci en lien avec l'état physiologique et nutritionnel des animaux. Les auteurs de ces travaux expliquent que les bonnes laitières allouent une grande partie de leurs ressources nutritionnelles (protéines principalement) à la production laitière. Ainsi, lors d'une infestation importante par les SGI, l'allocation des ressources doit être partagée pour renforcer le système immunitaire ou des facteurs de résilience, entraînant une chute de la production (pouvant aller jusqu'à 18%). A l'inverse, les moins bonnes laitières peuvent être considérées comme plus résilientes et résistantes face au parasitisme, car les ressources sont à priori déjà partagées entre la production et le système immunitaire (à un niveau de consommation protéique similaire aux bonnes laitières).

Cependant, il semble que le critère de la production laitière ne soit pas un critère valable partout. En effet, des études en Suisse et en Nouvelle Zélande (sur des chèvres de race Saanen et Alpine) montrent des résultats contradictoires. En Nouvelle Zélande et en Suisse, la production laitière n'est pas corrélée avec le niveau d'OpG (Grohmann, 2012; Morris et al., 1997). L'état nutritionnel et physiologique des animaux seraient différents qu'en France, expliquant ces différences ?

L'âge et l'immunité :

Concernant **l'âge des animaux**, il est question du développement d'une certaine **immunité** contre les SGI. Sur ce point, il est avéré que les chèvres ne développent pas une immunité telle qu'elle se développe chez les ovins et les bovins (Hoste et al., 2008). Cependant, certaines études indiquent tout de même que les primipares seraient plus sensibles que les multipares, et donc qu'il existerait un développement d'une certaine immunité chez les caprins (Hoste et al., 2002). En effet, l'exposition aux parasites lors de la première année de la chèvre participerait à stimuler le développement d'une réponse immunitaire. D'autres études indiquent le contraire (Grohmann, 2012; Richard et al., 1990). Il est donc probable **qu'une faible immunité se développe chez les jeunes animaux, induisant une faible résistance aux SGI, et probablement assez variable selon les animaux.**

Etat Corporel

L'évaluation de l'état corporel des animaux a fait l'objet d'études, principalement pour les ovins et les bovins, indiquant qu'il s'agit d'un critère intéressant relié au niveau d'infestation parasitaire (Cornelius et al., 2014). Cependant, les changements d'état corporel, tout comme l'évolution du poids vif, peuvent aussi être liés à d'autres facteurs et ne peuvent donc pas être attribués directement et uniquement au parasitisme interne (Bath and van Wyk, 2009). Pour les chèvres, l'état corporel, évalué par la masse grasseuse sous la peau, est lié à l'état de santé général des animaux, qu'il soit évalué par palpation ou visuellement (Anzuino et al., 2010; Battini et al., 2014; Vieira et al., 2015), sans pour autant avoir

montré une corrélation directe avec le niveau d'infestation parasitaire (Gallidis et al., 2009). L'évaluation de l'état corporel chez les chèvres est assez difficile sans formation spécifique et sans expérience préalable, car ces animaux présentent généralement d'importants dépôts de graisse viscérale et interne plutôt que sous-cutanée (McGregor and Butler, 2008). **Cela semble donc être un critère difficile à utiliser seul pour identifier une infestation parasitaire.**

Diarrhée

La Diarrhée est aussi un symptôme qui peut être lié à une infestation par les SGI. Cependant, toutes les espèces de SGI ne provoquent pas de diarrhée : par exemple *Haemonchus contortus* est responsable d'une anémie et ne provoque pas de diarrhée. Il y a aussi d'autres types de parasites qui ne sont pas des SGI qui provoquent des diarrhées (Coccidies par exemple), ainsi que d'autres facteurs, nutritionnels par exemple. Charlier et al. (2014) indiquent que c'est un critère qui est moins intéressant que la prise de poids, en particulier pour les agneaux. Pourtant, **en étant associé aux critères de l'anémie et de l'état corporel, ce critère semble être intéressant à utiliser** (Bollinger et al., 2016).

Objectifs de la présente étude :

La recherche s'est penchée sur les critères observables d'une infestation par le parasitisme interne (voir paragraphe précédent), pourtant, il n'existe pas de recommandations fiables sur les critères qui sont réellement révélateurs d'une infestation par les SGI. Lorsqu'ils sont interrogés, les éleveurs ont souvent une idée des animaux de leur troupeau qui sont fortement parasités à cause des SGI.

Le but de la présente étude est donc de continuer les travaux pour identifier des signes facilement observables par les éleveurs afin de permettre un traitement sélectif des animaux réellement parasités avec des SGI, en combinant deux approches :

- déterminer si les indicateurs observables d'une infestation SGI préalablement identifiés par la recherche sont bien en corrélation avec l'infestation des SGI des élevages caprins dans la vallée de la Drôme ;
- identifier d'autres critères d'observations, qui n'ont pas fait l'objet de recherche scientifique et qui sont pourtant utilisés dans la pratique.

Ce document présente les résultats d'un essai réalisés avec 4 éleveurs dans la Drôme, ainsi qu'une capitalisation des connaissances existantes dans la littérature scientifique.

Matériel & Méthode

Déroulement de l'essai

Nous avons étudié si les critères d'évaluation du niveau de parasitisme de SGI qu'utilisent les éleveurs sont corrélés aux données recueillies par des analyses de fèces en laboratoire (coproscopie). De plus, deux facteurs pré-identifiés par la recherche pour être en connexion avec l'infestation par les SGI ont particulièrement été étudiés : l'anémie au travers de l'outil de notation FAMACHA (Figure 1) et la production laitière, grâce au suivi du contrôle laitier.



Figure 1: Carte FAMACHA. Elle a été développée en Afrique du Sud et permet d'évaluer le degré d'anémie d'un animal sur la base de la rougeur des conjonctives oculaires. 5 nuances de rougeurs sont différenciées. L'anémie est en relation avec les parasites internes parce qu'une espèce de parasite importante, *Haemonchus contortus*, consomme des quantités importantes de sang dans la caillette de son hôte.

L'essai s'est déroulé en deux volets :

- 1) Le premier volet avait pour but de : i) Vérifier la corrélation entre le niveau de parasitisme des animaux déterminés par coproscopie et le niveau d'infestation estimé par les éleveurs ; ii) Vérifier que l'anémie observée par les éleveurs avec l'outil FAMACHA est en corrélation avec le niveau de parasitisme ; et iii) Identifier d'autres indicateurs de parasitisme utilisés par les éleveurs corrélés avec le niveau d'OpG.

A cet effet, trois éleveurs volontaires (élevage n°1, n°2 et n°3) devaient trois fois durant la saison de pâturage, à des moments où les chèvres semblaient infestées par des SGI selon leur propre appréciation:

- Identifier les 3 animaux qui étaient selon eux les plus infestés et les 3 animaux qui étaient selon eux les moins infestés. Une fois identifiés, l'éleveur devait décrire les signes qui lui indiquent la forte ou la faible infestation et prélever un échantillon de fèces (n=6).
- Évaluer tous les animaux du troupeau par rapport à leur niveau d'anémie avec la carte FAMACHA, choisir les 3 animaux les plus anémiés et les 3 animaux les moins anémiés et prélever un échantillon de fèces (n=6).
- Apporter au laboratoire du FiBL France les n=12 échantillons et les fiches de notations.

Les éleveurs ont reçu 3 kits d'observation et de prélèvement contenant des fiches d'observation, une carte FAMACHA, des gants de prélèvements de fèces, un marqueur indélébile.

Les notes d'infestation évaluée par l'éleveur vont de 1 à 3 : 1 = Faible niveau d'infestation, 2 = infestation moyenne et 3 = infestation forte. Les autres critères utilisés pour expliquer le niveau d'infestation estimé sont décrits en commentaires, sans barème initial. Les critères ont été systématisés sous formes de notes allant de 1 à 3 par le FiBL France, pour le traitement statistique.

Le niveau d'infestation de chaque animal prélevé par les éleveurs a été évalué par coproscopie, méthode McMaster, au laboratoire du FiBL France. Les résultats étaient envoyés à l'éleveur s'il en faisait la demande et si des niveaux d'infestation dangereux pour les animaux étaient détectés.

- 2) Le deuxième volet a consisté à étudier la relation potentielle entre la production laitière et le niveau d'infestation SGI des animaux, en plus des deux objectifs du volet 1.

A cet effet, une équipe du FiBL France s'est déplacé 3 fois sur l'élevage participant à ce volet (élevage n°4), pour :

- Prélever des échantillons individuels de tous les animaux du troupeaux (n=42).
- Assister l'éleveuse dans l'observation et la notation du niveau de parasitisme de tous les animaux du troupeau.
- Assister l'éleveuse dans la notation du niveau d'anémie de tous les animaux à l'aide de la carte FAMACHA.

Le niveau d'infestation de chaque animal prélevé a été évalué par coproscopie, méthode McMaster, au laboratoire du FiBL France. Les résultats étaient envoyés à l'éleveuse si elle en faisait la demande et si des niveaux d'infestation dangereux pour les animaux étaient détectés.

Les notes d'infestation évaluée par l'éleveur vont de 1 à 3 : 1 = Faible niveau d'infestation, 2 = infestation moyenne et 3 = infestation forte. Les autres critères utilisés pour expliquer le niveau d'infestation estimé sont décrits en commentaires, sans barème initial. Les critères ont été systématisés sous formes de notes allant de 1 à 3 par le FiBL France, pour le traitement statistique.

Informations et problèmes rencontrés durant la réalisation de l'essai

Volet 1 :

Un des trois éleveurs, suite à la seconde série de coproscopie a traité 80% de son troupeau car les niveaux d'infestation étaient trop importants. Les données de la troisième série d'observation et de prélèvement ne sont donc pas exploitables.

Volet 2 :

Suite à la première série d'observations et de prélèvements, le niveau d'infestation d'un peu plus de la moitié du troupeau était important et potentiellement dangereux pour les animaux. Ainsi, un traitement vermifuge a été administré à 55% du troupeau (n=23). Les observations et prélèvements suivants n'avaient alors de sens que pour les animaux non traités (n=19).

De plus, les observations FAMACHA n'ont été réalisées que lors de la troisième série d'observations. Ces données seront associées aux données des élevages du volet 1 pour analyse.

Résultats

Evolution de l'infestation parasitaires dans les élevages suivis :

Elevage 1 (Volet 1):

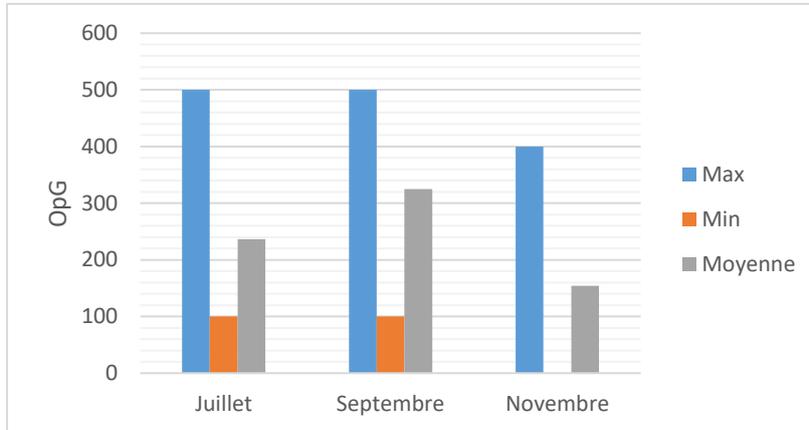


Figure 2: Evolution de l'infestation parasitaires, élevage 1 (volet 1 de l'étude)

Le niveau d'infestation est relativement faible dans ce troupeau (n=12). Il a tendance à augmenter légèrement jusqu'au début de l'automne.

Elevage 2 (Volet 1):

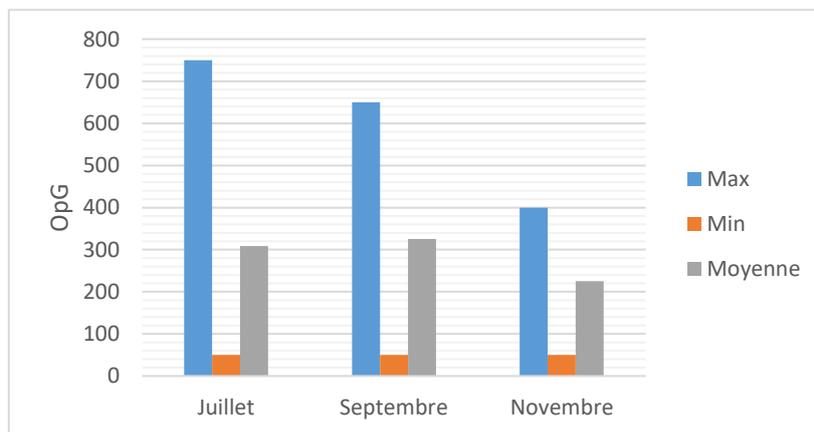


Figure 3: Evolution de l'infestation parasitaires, élevage 2 (volet 1 de l'étude)

Le niveau d'infestation est relativement faible dans ce troupeau (n=12). Il est globalement constant.

Elevage 3 (Volet 1):

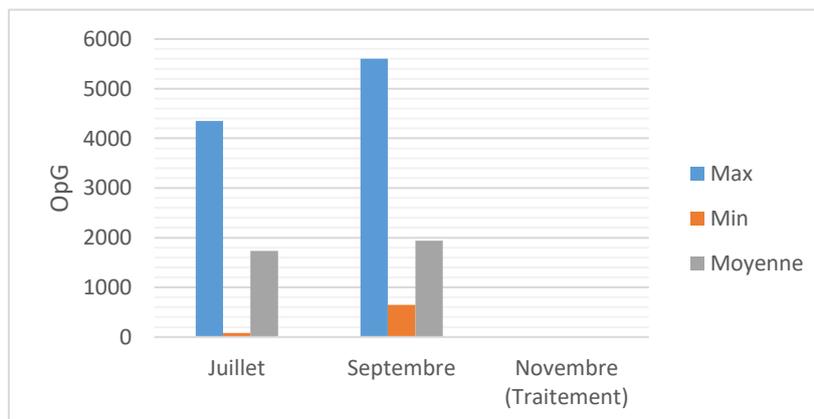


Figure 4: Evolution de l'infestation parasitaires, élevage 3 (volet 1 de l'étude)

Le niveau d'infestation est très élevé dans ce troupeau (n=12), et il a tendance à augmenter à l'automne. Un traitement anthelminthique s'est avéré nécessaire.

Élevage 4 (Volet 2):

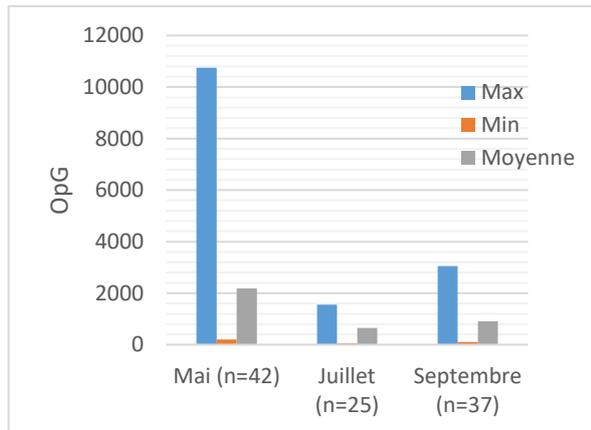


Figure 5a (gauche): Evolution de l'infestation parasitaire de tout le troupeau, élevage 4 (volet 1 de l'étude)

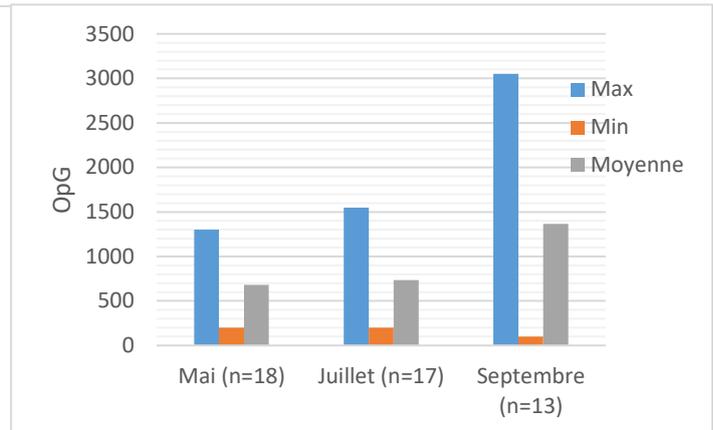


Figure 5b: Evolution de l'infestation parasitaires uniquement des animaux n'ayant pas reçu de traitement vermifuge après la première copro du mois de mai, élevage 3 (volet 1 de l'étude)

Pour regarder l'évolution du niveau d'infestation, il est intéressant d'exclure les animaux ayant reçu un traitement vermifuge après la première coproscopie du mois de mai. Sur le reste du troupeau non traité, le niveau d'infestation est moyen voir fort au printemps et augmente jusqu'à l'automne, avec certains animaux atteignant des pics d'infestation en septembre.

Production Laitière (Volet 2)

Les données analysées proviennent d'un seul élevage (élevage n°4) et de trois séries d'observations (n=19) en Mai, Juillet et Septembre. Les dates des prélèvements des fèces et du contrôle laitier étaient les suivantes :

Contrôle Laitier	Prélèvements de Fèces
21-mai	25-mai
10-juil	16-juil
22-août	10-sept

Tableau 1: Dates du contrôle laitier et des prélèvements et des observations durant la période de l'essai, pour l'élevage n°4.

L'analyse statistique ne montre pas de corrélation forte ni significative (Spearman's rho = -0,29, p=0,24)³ entre la production laitière et les OpG du mois de mai. Les données du mois de septembre ne montrent pas de corrélation non plus (Spearman's rho = 0,03, p=0,9). En revanche, **le niveau de production laitière et les OpG du mois de Juillet sont assez bien corrélés et cette corrélation est significative (Spearman's rho = 0,53 ; p=0,03).**

De plus, en cumulant l'ensemble des données recueillies lors des trois séries de prélèvements et d'observations, **la corrélation entre le cumul de production laitière et le cumul d'OpG est significative (Spearman's rho = 0,53 ; p=0,02).**

³ Le test de Spearman est un test statistique non-paramétrique de corrélation entre deux séries variables permettant de déterminer s'il y a une corrélation positive (croissante) ou négative (décroissante) entre elles. Pour interpréter le test, plus le Rho est proche de 1 ou -1 plus la corrélation est forte, et cette corrélation est significative si le P value < 0,05.

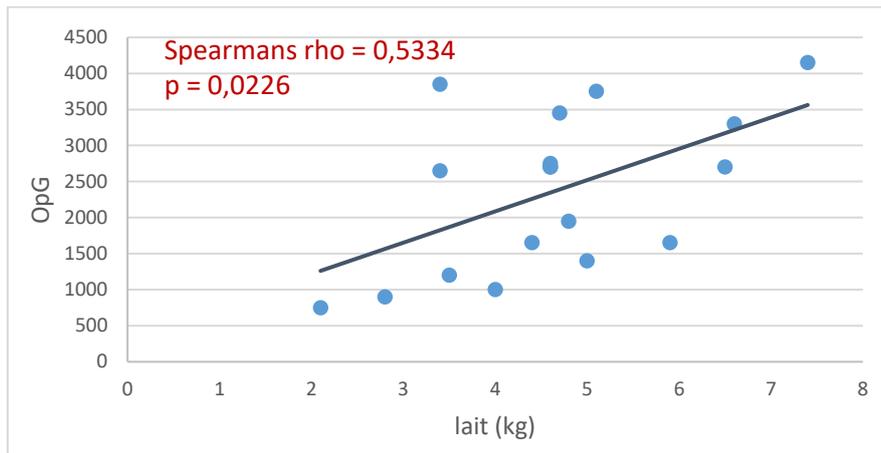


Figure 6: Corrélation entre les données cumulée de production laitière et les données cumulée des OpG (n=19 animaux)

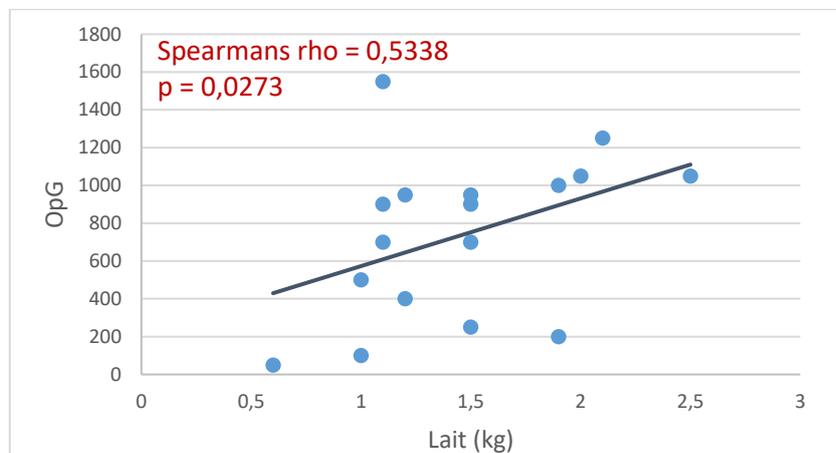


Figure 7: Corrélation entre les donnée de production laitière et les OpG du mois de Juillet (n=19 animaux)

Niveau d'infestation évalué par l'éleveur

Les données analysées individuellement pour chacun des trois élevages du volet 1 ne font ressortir aucunes corrélations entre le niveau d'infestation estimé (note de 1 à 3) et le niveau d'OpG.

Pour l'élevage n°4 (3 séries d'observation sur les n=19 même animaux), le niveau d'infestation estimé n'est pas corrélé aux OpG (Spearman's rho=0,21 ; p=0,38, pour la moyenne des notes et la moyenne des OpG des trois séries d'observations).

L'analyses de l'ensemble des notations d'infestation (pour les 4 élevages, 3 séries chacun) ne montre pas non plus de corrélation.

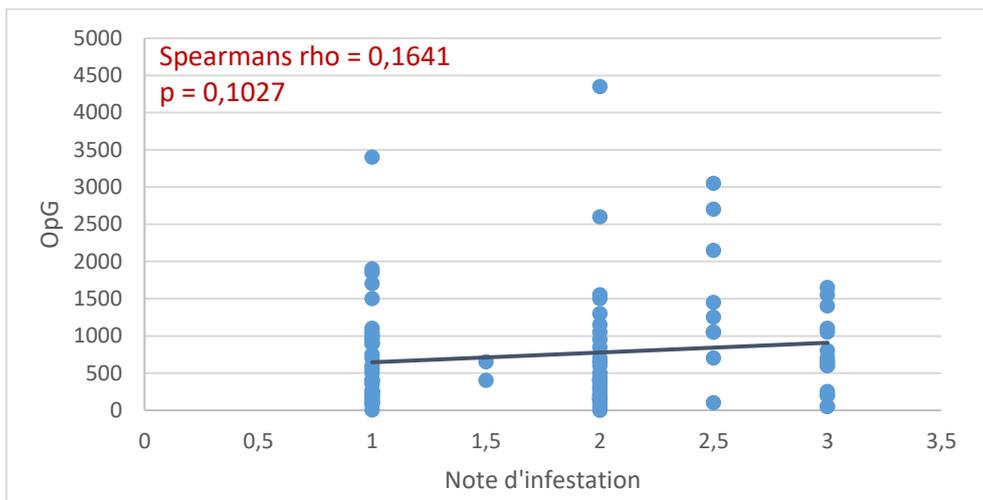


Figure 8: Corrélation entre les note du niveau d'infestation estimés par les 4 éleveurs, lors des 3 séries d'observations, et les OpG des animaux observés (n=100 animaux)

Evaluation de l'anémie (avec outil FAMACHA)

Les données analysées individuellement pour chacun des trois élevages du volet 1 ne font ressortir aucunes corrélations.

Pour l'élevage n°4 (3 séries d'observation sur les n=19 même animaux), le niveau d'anémie n'est pas corrélé aux OpG (Spearman's rho=0,21 ; p=0,38, pour le mois de septembre).

En revanche, l'analyse de l'ensemble des observations des 4 éleveurs (n=69 animaux), indique que **le niveau d'anémie observé est moyennement corrélé avec le niveau d'infestation et cette corrélation est tout à fait significative (Spearman's rho= 0,5 ; p=0,00).**

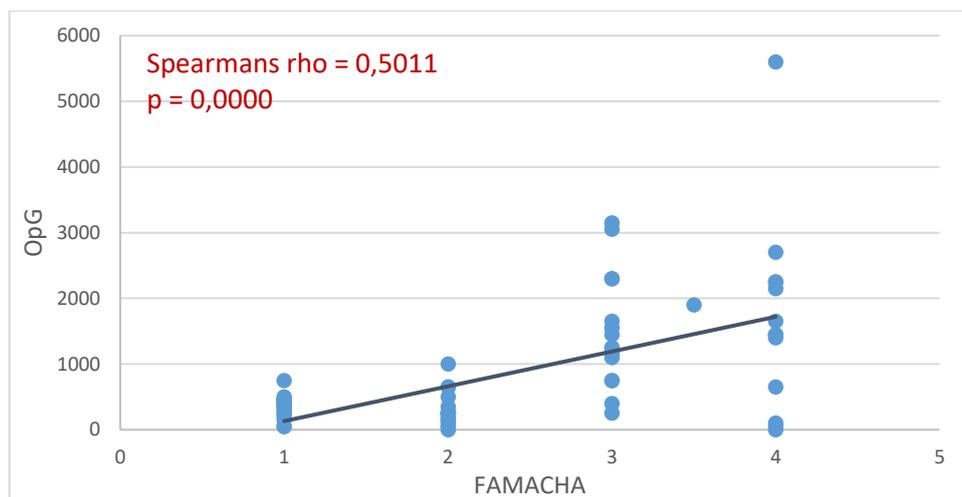


Figure 9: Corrélation entre les notes du niveau d'anémie et le niveau d'OpG des observations des 4 éleveurs (n=69).

Au mois de Septembre, la corrélation est par contre très bonne entre le niveau d'anémie et le niveau d'OpG pour les élevages n°1, n°2 et n°3, et cette corrélation est significative :

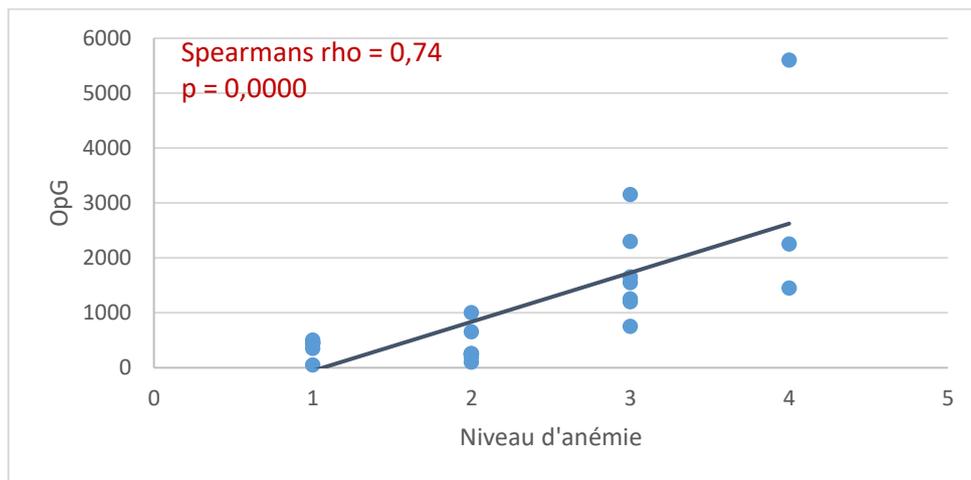


Figure 10: Corrélation entre les notes du niveau d'anémie et le niveau d'OpG des observations des élevages n°1, n°2 et n°3 (n=24)

Autres signes observables utilisés spontanément par les éleveurs

En plus de l'estimation du niveau d'infestation (note de 1 à 3) et de l'évaluation du niveau d'anémie (outil FAMACHA), chaque éleveur a utilisé d'autres critères observables qui étaient d'après lui des indicateurs du niveau d'infestation par les SGI. Parmi ces critères, deux types d'observations sont revenus à chaque fois chez les quatre éleveurs : l'état corporel et l'état du poil. Nous avons traduit les observations qualitatives en notation quantitative de 1 à 3, afin de pouvoir traiter ces informations statistiquement.

Type d'observation	Etat corporel	Etat du Poil
Notations et leur correspondance qualitative	1- Bon 2- Moyen 3- Mauvais	1 - Brillant 2 - Un peu piqué ou terne 3 - Moche, très piqué

Analyse des données pour l'ensemble des élevages

Les données analysées individuellement pour chacun des 3 élevages du volet 1 ne font ressortir aucune corrélation. De même, l'analyse pour les 4 élevages de l'ensemble des observations de l'état corporel et de l'état du poil ne montre aucune corrélation avec le niveau d'OpG :

- Corrélation entre les notes d'état corporel et le niveau d'OpG des 4 élevages (n=129) : Spearman's rho = 0,13 ; p=0,13.
- Corrélation entre les notes d'état du poil et le niveau d'OpG des 4 élevages (n=93) : Spearman's rho = 0,12 ; p=0,26.

Il en est de même pour la période du mois de septembre.

Analyses des données pour l'élevage n°4

Il apparaît que l'état du poil soit un indicateur corrélé avec le niveau d'infestation :

- La moyenne des notes d'état du poil est assez bien corrélée avec la moyenne des OpG entre Mai et Septembre et cette corrélation est significative (Spearman's rho = 0,55 ; p=0,15)

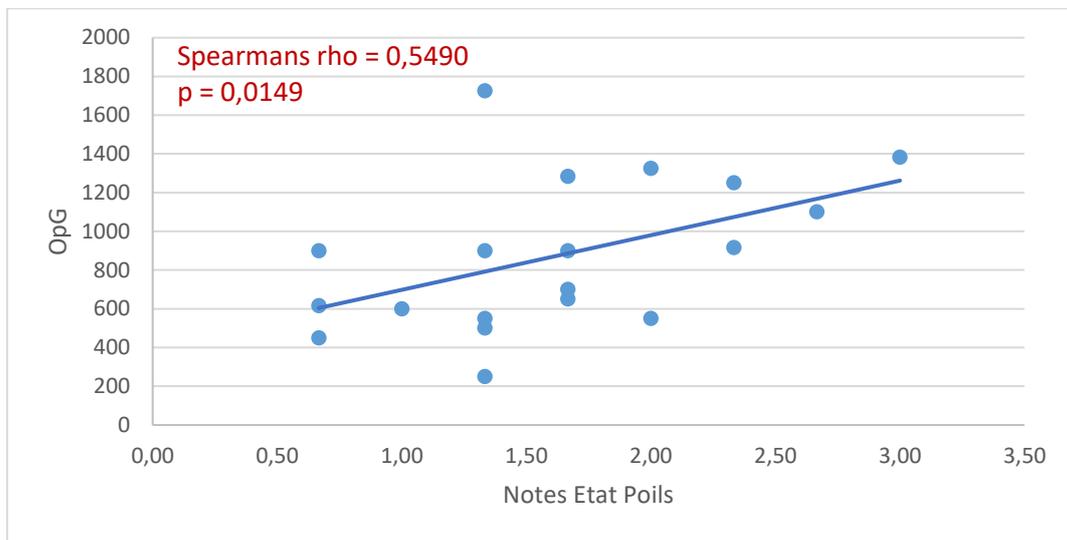


Figure 11: Corrélation entre la moyenne des notes d'état du poil et le niveau d'OpG (n=19 animaux).

- Au mois de Septembre, la corrélation est encore meilleure et toujours significative (Spearman's rho = 0,73 ; p=0,001)

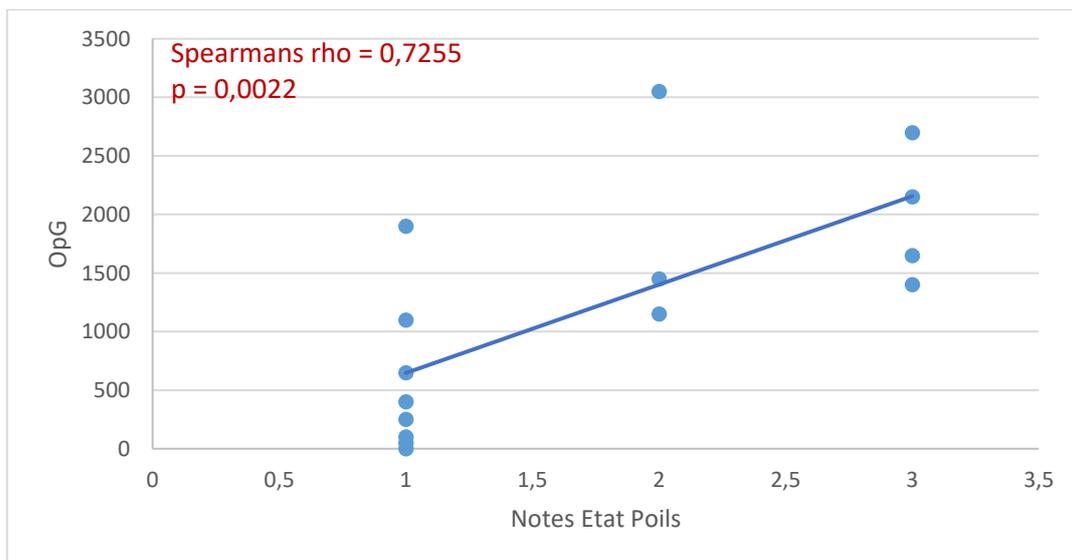


Figure 12: Corrélation entre les notes d'état du poil et le niveau d'OpG pour le mois de septembre (n=19 animaux).

Pour cet élevage, la note d'état corporel moyenne n'est pas corrélés aux OpG moyens, cependant sur **le mois de Septembre, la corrélation est moyenne et significative (Spearman's rho = 0,57, p=0,02).**

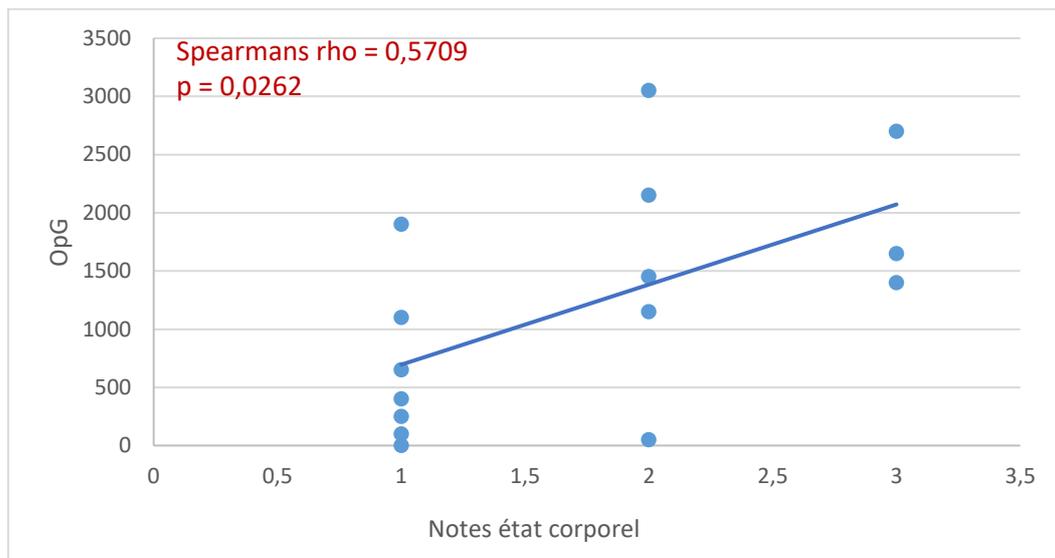


Figure 13: Corrélation entre les notes d'état corporel et le niveau d'OpG (n=19 animaux).

Discussion

Au regard des résultats de cet essai, nous ne pouvons pas conclure que les éleveurs arrivent à estimer le niveau d'infestation des animaux observés. Cependant, à regarder les niveaux d'OpG, 65% des OpG sont inférieures à 800. La majorité des animaux observés sur les 4 élevages lors des 3 séries d'observation étaient peu infestés, rendant probablement plus difficile la détection de différences notoires chez les animaux.

Malgré le fait que les notes d'évaluation du niveau d'infestation relevées par les éleveurs n'ont pas pu être corrélées au niveau d'infestation réel, certains critères visuels (phénotypiques) utilisés par les éleveurs se révèlent être intéressants pour détecter les animaux infestés.

La production laitière montre une tendance à être corrélée avec le niveau d'infestation du troupeau (corrélation moyenne d'environ 50% avec le niveau d'OpG), et ce, particulièrement au mois de Juillet. On aurait pu s'attendre à ce que la corrélation soit plus forte à l'automne, lors du pic de parasitisme du troupeau étudié (Figure 5b). En effet, des études préalables réalisées dans le Sud Est de la France corroborent le fait que la chute de production laitière est particulièrement marquée lors du pic d'infestation parasitaire (dans le cas de ces études, le pic était aussi en septembre)(Hoste et al., 2002; Hoste et al., 1999). Une possible hypothèse pour expliquer cette observation est que l'impact du parasitisme aurait un impact plus fort sur la production laitière au moment de son pic. En effet, en septembre, la production laitière est en cours de diminution, ainsi l'animal disposerait de plus de ressources énergétiques pour résister aux SGI. Cela reste à vérifier.

Pour considérer ce critère dans la pratique, il est important de prendre en compte plusieurs points :

- Avoir un recul de plusieurs mois sur le niveau de production laitière des animaux : une production basse à un temps T peut indiquer soit une chute de production à cause d'une infestation forte, soit une production moyenne ou faible de l'animal en général. Un regard sur une période plus longue permet donc de distinguer une chute d'une production généralement basse, car les études actuelles française indiquent que ce sont généralement **les fortes productrices laitières qui sont le plus impactées par l'infestation parasitaire** (Hoste et al., 2002).
- L'apport en protéine des animaux : la consommation de protéines est liée à la résilience des animaux face au parasitisme. Un troupeau en stress nutritionnel sera donc plus sensible aux parasitisme et la production la plus variable. Le critère de production laitière est donc à considérer lorsque l'apport nutritionnel en protéine est stable et suffisant durant la période de production (Chartier et al., 2000).
- La période : les périodes de pic de parasitisme et de pic de production laitière serait probablement les périodes où l'impact du parasitisme sur la production laitière est plus visible. Ce point nécessiterait cependant d'être étudié plus spécifiquement.

Concernant **l'anémie**, celle-ci est partiellement corrélée au niveau d'infestation pour l'ensemble des élevages dans cet essai. Il est donc probable que la quantité de *Haemonchus contortus* ne soit pas l'espèce majoritaire parmi les SGI présents, mais il aurait fallu faire une identification d'espèce de SGI pour l'affirmer. En revanche, la corrélation entre l'anémie et le niveau d'OpG du mois de septembre est bonne et significative, la présence d'*Haemonchus contortus* est peut-être plus importante en fin d'été. En effet, *Haemonchus contortus* est une espèce de SGI qui nécessite des conditions chaudes et humides pour se développer : le développement optimum des œufs en L3 (stade infectieux) est à 23°C

avec 70% d'humidité (O'Connor et al., 2006). Septembre est une période propice au retour des pluies après l'été sec, il est donc possible que cela ait créé des conditions favorables au développement de *Haemonchus contortus*. De plus, les œufs de *Haemonchus contortus* sont incapables de se développer en L3 tant que les températures n'atteignent pas au minimum 10°C. Ainsi, d'autres espèces de SGI sont déjà présentes au stade infectieux dans les pâtures, pouvant gêner l'établissement plus tôt de *Haemonchus contortus* (Ruiz-Huidobro et al., 2019).

Cette espèce de SGI, initialement propre aux régions tropicales et sub-tropicales est de plus en plus présente en Europe du fait du changement climatique (Rose et al., 2016). Il est donc fort probable que *Haemonchus contortus* soit de plus en plus présent dans la Drôme, et en particulier dans des zones montagneuses où la pluviométrie peut être un peu plus importante et précoce en fin d'été et où les pâtures conservent plus d'humidité. L'anémie est un critère d'infection parasitaire qui sera probablement de plus en plus important à prendre en compte, mais des études sur la présence et la répartition de la population de *Haemonchus contortus* en Europe sont encore nécessaires.

Ensuite, il semble que **l'état corporel et l'état du poil** soient des indicateurs pertinents plus tard dans la saison, pour l'élevage n°4. A ce jour, il n'y a pas eu d'études scientifiques qui montrent une corrélation significative entre l'état corporel ou l'état du poil avec le niveau d'infestation. Le poil n'est d'ailleurs pas un critère étudié dans la littérature à ce jour. Pour autant, ces indicateurs sont corrélés avec le niveau de bien-être des chèvres, qui repose sur une bonne alimentation, de bonnes conditions de logement, une bonne santé et un comportement social approprié (Battini et al., 2015; Battini et al., 2014; Vieira et al., 2015). Ces deux indicateurs sont aussi corrélés entre eux (Battini et al., 2014).

Une hypothèse serait que l'état corporel et l'état du poil des animaux pâtissent d'une infestation parasitaire après un contact plus prolongés avec les SGI, et donc soient révélateur du niveau d'infestation plutôt dans la fin de la période de pâturage. Ici encore, des études seraient à mener pour savoir si ces indicateurs sont révélateurs d'une infestation parasitaire longue participant à une dégradation des conditions assurant le bien-être de l'animal.

Bien que ces signes n'aient pas été corrélés au niveau d'infestation des 3 élevages du volet 1, il est important de rappeler que ces signes n'ont pas été systématiquement utilisés pour toutes les observations dans ces élevages, car elles étaient au choix de l'éleveur. De plus, le nombre d'observations reste relativement faible, cela nécessiterai de multiplier les essais sur d'autres fermes pour avoir un jeu de données suffisant et rendre les analyses statistiques plus robustes.

Deux de ces élevages avaient des taux assez bas de parasitisme tout au long de l'essai, donc peut-être pas suffisamment important pour impacter l'état corporel et le poil. De manière plus générale, nous avons vu que l'évaluation du niveau d'infestation par les éleveurs n'était pas en corrélation avec le niveau d'OpG. Une piste d'approfondissement des travaux de recherche seraient alors d'évaluer le stade d'infestation parasitaire à partir duquel les expressions phénotypiques de l'infestation par les SGI sont facilement observables : pic de parasitisme, infestation prolongée.

Conclusion

Le critère d'excrétion des œufs (OpG) est un critère fiable pour déterminer le niveau d'infestation d'un animal. Pourtant, il ne devrait pas être l'unique critère pour décider d'appliquer un traitement. La combinaison avec d'autres facteurs tels que l'observation, l'état de l'animal, l'historique des pâtures est importante !

Les analyses individuelles des OpG étant coûteuses, le suivi du niveau moyen d'OpG pour un groupe potentiellement sensible (primipares, fortes laitières, etc.), répété plusieurs fois dans la saison permet cependant d'avoir un suivi intéressant et de réaliser un traitement ciblé sur une partie du troupeau.

Concernant les expressions visibles d'une infestation parasitaire, nous constatons avec la littérature scientifique et les résultats de cet essai, qu'il n'y a pas un unique critère observable sur lequel reposer un diagnostic. Seule l'anémie est révélatrice d'une infestation d'une espèce de SGI particulière (*Haemonchus contortus*), mais l'absence d'anémie ne signifie donc pas absence de parasites internes dans l'absolu.

Une chute notable de production laitière d'une chèvre qui habituellement est une très bonne laitière est aussi un indicateur qui peut révéler une infestation par les SGI, à condition que les apports protéiques soient stables et suffisants.

L'état corporel, les diarrhées, l'état du poil sont potentiellement des critères révélateurs d'une infestation parasitaire, mais à ce jour nous ne pouvons pas l'affirmer, bien qu'ils semblent être valables dans certains cas.

Les résultats de cet essai suggèrent qu'il faudrait approfondir les travaux sur l'état corporel et l'état du poil, et effectuer des recherches d'évaluations de critères phénotypiques en relation avec les saisons printanière, estivale et automnale, qui correspondent à des niveaux de présence des parasites différents. L'expression de ces symptômes peut être liée à des pics de parasitisme ou à un contact prolongé par exemple.

La combinaison de l'observation de ces différents signes semble être une option intéressante. En effet, certaines études montrent des résultats encourageants en combinant l'observation de l'anémie, de l'état corporel et des coproscopies pour cibler les animaux devant recevoir un traitement, diminuant ainsi de 50% l'utilisation des anthelminthiques (Charlier et al., 2014). Une autre étude montre des résultats encourageants en combinant l'anémie, la diarrhée et l'état corporel (Bollinger et al., 2016). Les études combinant différents facteurs doivent continuer, et permettraient à terme de développer une méthodologie de détection visuelle de l'infestation par les SGI qui repose sur différents critères.

Le Traitement Sélectif Ciblé reste un moyen efficace pour lutter contre le développement des résistances aux anthelminthiques et, associé à d'autres pratiques telles que la gestion du pâturage, est une méthode pour maintenir le développement du parasitisme sur un élevage. Le traitement systématique du troupeau n'est pas une solution viable. Au minimum laisser 30% du troupeau non traité est déjà une première étape contre le développement de parasites résistants.

Remarques complémentaires :

Le niveau d'infestation acceptable dépend beaucoup de la rotation de pâtures appliquée sur l'exploitation.

Par exemple, un troupeau avec un niveau moyen d'excrétion de 500 OpG en début de la saison de pâture en système extensif avec très peu de retour sur les mêmes parcelles ne devrait pas être impacté au niveau santé et production. En revanche, un même niveau d'OpG pour un troupeau en système plus intensif, c'est-à-dire avec des rotations régulières sur les mêmes parcelles par exemple, peut rapidement évoluer dans une situation critique ; il sera donc évalué différemment et peut-être traité.

Bibliographie

- Anzuino, K., Bell, N. J., Bazeley, K. J., and Nicol, C. J. (2010). Assessment of welfare on 24 commercial UK dairy goat farms based on direct observations. *Veterinary Record* **167**, 774-780.
- Bath, G. F., and van Wyk, J. A. (2009). The Five Point Check (c) for targeted selective treatment of internal parasites in small ruminants. *Small Ruminant Research* **86**, 6-13.
- Battini, M., Peric, T., Ajuda, I., Vieira, A., Grosso, L., Barbieri, S., Stilwell, G., Prandi, A., Comin, A., Tubaro, F., and Mattiello, S. (2015). Hair coat condition: A valid and reliable indicator for on-farm welfare assessment in adult dairy goats. *Small Ruminant Research* **123**, 197-203.
- Battini, M., Vieira, A., Barbieri, S., Ajuda, I., Stilwell, G., and Mattiello, S. (2014). Invited review: Animal-based indicators for on-farm welfare assessment for dairy goats. *Journal of Dairy Science* **97**, 6625-6648.
- Bollinger, J., Hertzberg, H., Hassig, M., and Knubben-Schweizer, G. (2016). 'Targeted' and 'targeted selective treatments' in goats: Evaluation of several decision criteria and development of a practical decision key. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde* **158**, 557-564.
- Charlier, J., Morgan, E. R., Rinaldi, L., van Dijk, J., Demeler, J., Hoglund, J., Hertzberg, H., Van Ranst, B., Hendrickx, G., Vercruysse, J., and Kenyon, F. (2014). Practices to optimise gastrointestinal nematode control on sheep, goat and cattle farms in Europe using targeted (selective) treatments. *Veterinary Record* **175**, 250-255.
- Chartier, C., Etter, E., Hoste, H., Pors, I., Mallereau, M. P., Broqua, C., Mallet, S., Koch, C., and Masse, A. (2000). Effects of the initial level of milk production and of the dietary protein intake on the course of natural nematode infection in dairy goats. *Veterinary Parasitology* **92**, 1-13.
- Chartier, C., Soubirac, F., Pors, I., Silvestre, A., Hubert, J., Couquet, C., and Cabaret, J. (2001). Prevalence of anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of dairy goats under extensive management conditions in southwestern France. *Journal of Helminthology* **75**, 325-330.
- Cornelius, M. P., Jacobson, C., and Besier, R. B. (2014). Body condition score as a selection tool for targeted selective treatment-based nematode control strategies in Merino ewes. *Veterinary Parasitology* **206**, 173-181.
- Gallidis, E., Papadopoulos, E., Ptochos, S., and Arsenos, G. (2009). The use of targeted selective treatments against gastrointestinal nematodes in milking sheep and goats in Greece based on parasitological and performance criteria. *Veterinary Parasitology* **164**, 53-58.
- Grohmann, M. (2012). Distribution of infection with gastro-interstitial nematodes in different groups of dairy goats in Switzerland and its influence on milk production.
- Heckendorn, F., Bieber, A., Werne, S., Saratsis, A., Maurer, V., and Stricker, C. (2017). The genetic basis for the selection of dairy goats with enhanced resistance to gastrointestinal nematodes. *Parasite* **24**, 1-11.
- Hoste, H., and Chartier, C. (1998). Response to challenge infection with *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* in dairy goats. Consequences on milk production. *Veterinary Parasitology* **74**, 43-54.
- Hoste, H., Chartier, C., and Le Frileux, Y. (2002). Control of gastrointestinal parasitism with nematodes in dairy goats by treating the host category at risk. *Veterinary Research* **33**, 531-545.
- Hoste, H., Le Frileux, Y., Pommaret, A., Gruner, L., Van Quackebeke, E., and Koch, C. (1999). Importance du parasitisme par des strongles gastro-intestinaux chez les chèvres laitières dans le Sud-Est de la France. *Prod. Anim. (Paris)* **12**, 377-389.
- Hoste, H., Torres-Acosta, J. F. J., and Aguilar-Caballero, A. J. (2008). Nutrition-parasite interactions in goats: is immunoregulation involved in the control of gastrointestinal nematodes? *Parasite Immunology* **30**, 79-88.
- Jackson, F., Jackson, E., and Coop, R. L. (1992). EVIDENCE OF MULTIPLE ANTHELMINTIC RESISTANCE IN A STRAIN OF TELADORSAGIA-CIRCUMCINCTA (OSTERTAGIA-CIRCUMCINCTA) ISOLATED FROM GOATS IN SCOTLAND. *Research in Veterinary Science* **53**, 371-374.

- McGregor, B. A., and Butler, K. L. (2008). Relationship of body condition score, live weight, stocking rate and grazing system to the mortality of Angora goats from hypothermia and their use in the assessment of welfare risks. *Australian Veterinary Journal* **86**, 12-17.
- Morris, C. A., Wheeler, M., Hosking, B. C., Watson, T. G., Hurford, A. P., Foote, B. J., and Foote, J. F. (1997). Genetic parameters for milk yield and faecal nematode egg count in Saanen does. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **40**, 523-528.
- O'Connor, L. J., Walkden-Brown, S. W., and Kahn, L. P. (2006). Ecology of the free-living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. *Veterinary Parasitology* **142**, 1-15.
- Richard, S., Cabaret, J., and Cabourg, C. (1990). GENETIC AND ENVIRONMENTAL-FACTORS ASSOCIATED WITH NEMATODE INFECTION OF DAIRY GOATS IN NORTHWESTERN FRANCE. *Veterinary Parasitology* **36**, 237-243.
- Rose, H., Caminade, C., Bolajoko, M. B., Phelan, P., van Dijk, J., Baylis, M., Williams, D., and Morgan, E. R. (2016). Climate-driven changes to the spatio-temporal distribution of the parasitic nematode, *Haemonchus contortus*, in sheep in Europe. *Global Change Biology* **22**, 1271-1285.
- Ruiz-Huidobro, C., Sagot, L., Lugagne, S., Huang, Y., Milhes, M., Bordes, L., Prevot, F., Grisez, C., Gautier, D., Valadier, C., Sautier, M., and Jacquiet, P. (2019). Cell grazing and *Haemonchus contortus* control in sheep: lessons from a two-year study in temperate Western Europe. *Scientific Reports* **9**, 9.
- Valcarcel, F., Aguilar, A., and Sanchez, M. (2015). Field evaluation of targeted selective treatments to control subclinical gastrointestinal nematode infections on small ruminant farms. *Veterinary Parasitology* **211**, 71-79.
- Vieira, A., Brandao, S., Monteiro, A., Ajuda, I., and Stilwell, G. (2015). Development and validation of a visual body condition scoring system for dairy goats with picture-based training. *Journal of Dairy Science* **98**, 6597-6608.
- Wyk, J. A., Hoste, H., Kaplan, R. M., and Besier, R. B. (2006). Targeted selective treatment for worm management - How do we sell rational programs to farmers? *Veterinary Parasitology* **139**, 336-346.